

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010044697 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1994-312408/199439

Related WPI Acc No: 1994-312434; 1995-001471; 1995-083117; 1995-117614

XRPX Acc No: N94-245971

**Energy-trap piezoelectric resonator utilising width expansion mode - has support parts coupled to nodal points of piezoelectric resonance part including piezoelectric ceramic or crystal plate and electrodes formed on both surfaces, and dynamic dampers coupled to other ends of support parts**

Patent Assignee: MURATA MFG CO LTD (MURA )

Inventor: KAIDA H

Number of Countries: 006 Number of Patents: 022

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
GB 2277196	A	19941019	GB 947365	A	19940414	199439 B
DE 4412963	A1	19941020	DE 4412963	A	19940414	199441
DE 4412964	A1	19941027	DE 4412964	A	19940414	199442
JP 7007361	A	19950110	JP 9474941	A	19940413	199511
DE 4434691	A1	19950330	DE 4434691	A	19940928	199518
JP 7122966	A	19950512	JP 93263769	A	19931021	199528
US 5481154	A	19960102	US 94312409	A	19940926	199607
US 5541469	A	19960730	US 94227279	A	19940413	199636
US 5548180	A	19960820	US 94227607	A	19940414	199639
			US 95524052	A	19950906	
GB 2277196	B	19961204	GB 947365	A	19940414	199701
DE 4412964	C2	19970327	DE 4412964	A	19940414	199717
US 5621263	A	19970415	US 94285233	A	19940803	199721
CN 1103216	A	19950531	CN 94109016	A	19940809	199726
CN 1106593	A	19950809	CN 94117878	A	19940928	199731
CN 1107081	A	19950823	CN 94108864	A	19940531	199732
CN 1109659	A	19951004	CN 94105554	A	19940414	199734
DE 4434691	C2	19971023	DE 4434691	A	19940928	199746
SG 42927	A1	19971017	SG 96889	A	19940414	199751
US 5701048	A	19971223	US 94248343	A	19940524	199806
			US 95506262	A	19950724	
DE 4412963	C2	19990401	DE 4412963	A	19940414	199917
JP 3114461	B2	20001204	JP 93263769	A	19931021	200065
JP 3139273	B2	20010226	JP 9474941	A	19940413	200114

Priority Applications (No Type Date): JP 93263769 A 19931021; JP 9387474 A 19930414; JP 9387473 A 19930414; JP 93241747 A 19930928; JP 93241748 A 19930928; JP 93197270 A 19930809; JP 93128770 A 19930531; JP 93241746 A 19930928

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
GB 2277196	A		43	H03H-009/09	
DE 4412963	A1		18	H03H-009/15	
DE 4412964	A1		26	H03H-009/15	
JP 7007361	A		10	H03H-009/17	
DE 4434691	A1		26	H03H-009/15	
JP 7122966	A		11	H03H-009/17	
US 5481154	A		25	H01L-041/08	
US 5541469	A		18	H01L-041/08	
US 5548180	A		25	H01L-041/08	Cont of application US 94227607
GB 2277196	B		1	H03H-009/09	

Am

DE 4412964	C2	24	H03H-009/15	
US 5621263	A	21	H01L-041/08	
CN 1103216	A		H03H-009/15	
CN 1106593	A		H03H-009/15	
CN 1107081	A		B06B-001/06	
CN 1109659	A		H03H-003/02	
DE 4434691	C2	27	H03H-009/15	
SG 42927	A1		B06B-001/06	
US 5701048	A	31	H01L-041/08	Cont of application US 94248343
DE 4412963	C2		H03H-009/15	
JP 3114461	B2	11	H03H-009/17	Previous Publ. patent JP 7122966
JP 3139273	B2	10	H03H-009/17	Previous Publ. patent JP 7007361

Abstract (Basic): GB 2277196 A

The resonator comprises a resonance part utilizing a width expansion mode of a rectangular plate, and a support part having an end being coupled to a nodal point of the resonance part. A dynamic damper is coupled to another end of the support part. The resonance part is formed by a rectangular piezoelectric plate made of a piezoelectric ceramics or piezoelectric crystal.

A coupling part has an end coupled to a side of the dynamic damper opposite to that coupled with the support part, and a holding part coupled to another end of the coupling part. The resonance part, the support part, the dynamic damper, the coupling part and the holding part are formed by a single member.

ADVANTAGE - Provide resonator which can reliably suppress unnecessary mode other than width expansion mode with no requirement for extremely high accuracy in formation of resonance part utilising width expansion mode, thereby attaining excellent oscillation and filter characteristics.

Dwg.7/9

Abstract (Equivalent): GB 2277196 B

A resonator utilising a width expansion mode, said resonator comprising a resonance part utilising a width expansion mode of a rectangular plate; a support part having an end being coupled to a nodal point of said resonance part; and a dynamic damper being coupled to another end of said support part.

(Dwg.1a)

Abstract (Equivalent): US 5701048 A

The resonator comprises a resonance part utilizing a width expansion mode of a rectangular plate, and a support part having an end being coupled to a nodal point of the resonance part. A dynamic damper is coupled to another end of the support part. The resonance part is formed by a rectangular piezoelectric plate made of a piezoelectric ceramics or piezoelectric crystal.

A coupling part has an end coupled to a side of the dynamic damper opposite to that coupled with the support part, and a holding part coupled to another end of the coupling part. The resonance part, the support part, the dynamic damper, the coupling part and the holding part are formed by a single member.

ADVANTAGE - Provide resonator which can reliably suppress unnecessary mode other than width expansion mode with no requirement for extremely high accuracy in formation of resonance part utilising width expansion mode, thereby attaining excellent oscillation and filter characteristics.

Dwg.2/26

US 5621263 A

A piezo-resonator comprising:

a piezoelectric body including a pair of opposite surfaces and being polarized in a first direction, a first groove located in one of said pair of opposite surfaces of said piezoelectric body and a second groove located in the other of said pair of opposite surfaces of said piezoelectric body;

first and second resonance electrodes each located on a respective one of said pair of opposite surfaces of said piezoelectric body so as to be spaced apart by said piezoelectric body for applying a voltage in a direction substantially perpendicular to said first direction, said first and second resonance electrodes being located so as to define a resonance portion in which portions said first and second resonance electrodes overlap a common region of said piezoelectric body; wherein

said resonance portion is located between said first and second grooves.

Dwg.7/16

US 5548180 A

A vibrator of generally rectangular section for vibrating in a width-expansion vibration mode, the vibrator comprising:

a pair of shorter sides and a pair of longer sides,

a ratio  $b/a$  of a length of each said longer side to a length of each said shorter side being within a range of plus or minus 10% of the value:

$$n(-1.47\sigma + 1.88) (1)$$

where  $a$  represents the length of each said shorter side,  $b$  represents the length of each said longer side,  $\sigma$  represents the Poisson's ratio of a material forming said vibrator, and  $n$  represents an integer,

wherein when an electric charge is applied thereto a width-expansion vibration is generated in the vibrator with nodal points of vibration at respective central points of the shorter sides of the vibrator.

Dwg.11/26

US 5541469 A

A resonator comprising:

a resonance part including a substantially rectangular plate vibrating in a width expansion mode such that nodal points of vibration are defined at respective center of major surfaces and central portions of shorter side surfaces of the substantially rectangular plate;

a support part having first and second ends, the first end being coupled to one of the shorter side surfaces of the resonance part at a location proximate to a nodal point of the resonance part so as to receive vibration from the resonance part; and

a dynamic damper coupled to the second end of the support part, the dynamic damper having a natural resonance frequency that is substantially equal to a frequency of the vibration received by the support part from the resonance part.

Dwg.18/19

US 5481154 A

A piezo-resonator utilizing a shear mode, comprising:

a piezoelectric body being provided with a pair of opposite rectangular surfaces having longer and shorter sides, and polarized in a certain direction; and

first and second resonance electrodes being arranged on an outer surface of said piezoelectric body at a prescribed distance from each other, for applying a voltage in a direction being perpendicular to said direction of polarization,

a ratio  $b/a$  being set in a range of plus or minus 10% from the following value:

$$b/a = n(0.3\sigma + 1.48) (1)$$

where  $b$  and  $a$  represent lengths of said longer and shorter sides of said rectangular surfaces of said piezoelectric body respectively,  $\sigma$  represents the Poisson's ratio of the material forming said piezoelectric body, and  $n$  represents an integer.

Dwg. 13a/26

Title Terms: ENERGY; TRAP; PIEZOELECTRIC; RESONANCE; UTILISE; WIDTH; EXPAND  
; MODE; SUPPORT; PART; COUPLE; NODE; POINT; PIEZOELECTRIC; RESONANCE;  
PART; PIEZOELECTRIC; CERAMIC; CRYSTAL; PLATE; ELECTRODE; FORMING; SURFACE  
; DYNAMIC; DAMP; COUPLE; END; SUPPORT; PART

Derwent Class: P43; V04; V06

International Patent Class (Main): B06B-001/06; H01L-041/08; H03H-003/02;  
H03H-009/09; H03H-009/15; H03H-009/17

International Patent Class (Additional): H03H-009/05; H03H-009/205;  
H03H-009/54; H03H-009/56; H04R-017/00; H04R-017/10

File Segment: EPI; EngPI

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010044723 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1994-312434/199439

Related WPI Acc No: 1994-312408; 1995-001471; 1995-083117; 1995-117614

XRPX Acc No: N94-245997

**Piezoelectric resonator operating in width expansion mode in range from  
Khz to Mh - has rectangular section provided with pair of shorter and  
longer sides with given relationship between them**

Patent Assignee: MURATA MFG CO LTD (MURA )

Inventor: KAIDA H

Number of Countries: 006 Number of Patents: 008

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
GB 2277228	A	19941019	GB 947405	A	19940414	199439 B
DE 4412964	A1	19941027	DE 4412964	A	19940414	199442
JP 7147526	A	19950606	JP 9474942	A	19940413	199531
US 5548180	A	19960820	US 94227607	A	19940414	199639
			US 95524052	A	19950906	
GB 2277228	B	19961204	GB 947405	A	19940414	199701
CN 1097265	A	19950111	CN 94105289	A	19940414	199719
SG 42927	A1	19971017	SG 96889	A	19940414	199751
JP 3139274	B2	20010226	JP 9474942	A	19940413	200114

Priority Applications (No Type Date): JP 93263769 A 19931021; JP 9387473 A  
19930414; JP 93241747 A 19930928

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
GB 2277228	A		45	H04R-017/10	
DE 4412964	A1		26	H03H-009/15	
JP 7147526	A		12	H03H-009/17	
US 5548180	A		25	H01L-041/08	Cont of application US 94227607
GB 2277228	B		1	H03H-009/15	
CN 1097265	A			H03H-009/15	
SG 42927	A1			B06B-001/06	
JP 3139274	B2		13	H03H-009/17	Previous Publ. patent JP 7147526

Abstract (Basic): GB 2277228 A

The vibrator includes a rectangular section provided with a pair of shorter and longer sides. A ratio of b/a of the length of each longer to that of the shorter sides is within a range of  $\pm 10\%$  about a following value:  $b/a = n(-1.47\sigma + 1.88)$ , where a represents the length of each shorter side, b represents the length of the longer side and a sigma represents the Poisson's ratio of material forming the vibrator and n is an integer.

A resonator utilising a width expansion mode, and includes the vibrator and a support member, being coupled to substantially central portion of at least one of the shorter sides of the vibrator.

USE/ADVANTAGE - In piezoelectric vibrators. Simpler support structure, with low stress concn and reduced overall size.

Dwg.10a/26

Abstract (Equivalent): GB 2277228 B

A vibrator utilising a width expansion mode having a rectangular section being provided with a pair of shorter sides and a pair of longer sides, a ratio b/a of the length of each said longer side to that of each said shorter side being within a range of  $\pm 10\%$  about

Am

the following value:  $b/a = n (-1.47\sigma + 1.88) (1)$ , where a represents the length of each said shorter side, b represents that of each said longer side,  $\sigma$  represents the Poisson's ratio of a material forming said vibrator, and n represents an integer.

(Dwg.1)

Abstract (Equivalent): US 5548180 A

A vibrator of generally rectangular section for vibrating in a width-expansion vibration mode, the vibrator comprising:

a pair of shorter sides and a pair of longer sides,

a ratio  $b/a$  of a length of each said longer side to a length of each said shorter side being within a range of plus or minus 10% of the value:

$n(-1.47\sigma + 1.88) (1)$

where a represents the length of each said shorter side, b represents the length of each said longer side,  $\sigma$  represents the Poisson's ratio of a material forming said vibrator, and n represents an integer,

wherein when an electric charge is applied thereto a width-expansion vibration is generated in the vibrator with nodal points of vibration at respective central points of the shorter sides of the vibrator.

Dwg.11/26

Title Terms: PIEZOELECTRIC; RESONANCE; OPERATE; WIDTH; EXPAND; MODE; RANGE; KHZ; MH; RECTANGLE; SECTION; PAIR; SHORT; LONG; SIDE; RELATED

Derwent Class: P43; V06

International Patent Class (Main): B06B-001/06; H01L-041/08; H03H-009/15; H03H-009/17; H04R-017/10

International Patent Class (Additional): H03H-009/05; H04R-017/00

File Segment: EPI; EngPI



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 44 12 964 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**H 03 H 9/15**  
B 06 B 1/06

⑲ Aktenzeichen: P 44 12 964.5  
⑳ Anmeldetag: 14. 4. 94  
㉔ Offenlegungstag: 27. 10. 94

DE 44 12 964 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①

14.04.93 JP P 87473/93 28.09.93 JP P 241747/93  
21.10.93 JP P 263769/93

⑦① Anmelder:

Murata Mfg. Co., Ltd., Nagaokakyo, Kyoto, JP

⑦④ Vertreter:

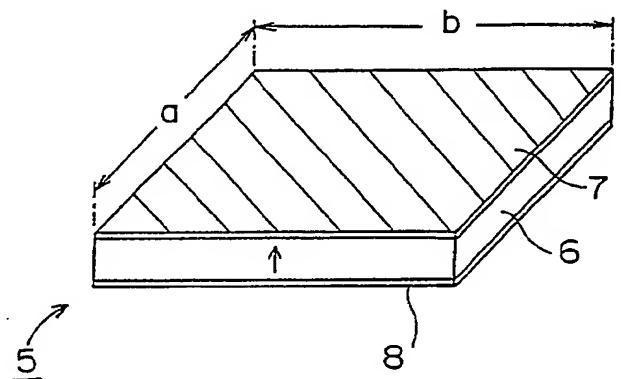
ter Meer, N., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Müller, F.,  
Dipl.-Ing., 81679 München; Steinmeister, H.,  
Dipl.-Ing.; Wiebusch, M., 33617 Bielefeld; Urner, P.,  
Dipl.-Phys. Ing.(grad.); Merkle, G., Dipl.-Ing. (FH),  
Pat.-Anwälte, 81679 München

⑦② Erfinder:

Kaida, Hiroaki, Nagaokakyo, Kyoto, JP

⑤④ Vibrator

⑤⑦ Vibrator in der Form eines Körpers mit rechteckigem Grundriß mit einer kürzeren Seite a und einer längeren Seite b, der zu Schwingungen in einer Breiten-Dehnungsmoden fähig ist, bei dem das Seitenverhältnis b/a mit einer Toleranz von  $\pm 10\%$  der folgenden Gleichung genügt:  
$$b/a = n (-1,74 \sigma + 1,88),$$
  
wobei  $\sigma$  das Poisson-Verhältnis des den Vibrator bildenden Materials und n eine ganze Zahl ist.



DE 44 12 964 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

AM

Die Erfindung betrifft einen Vibrator mit rechteckigem Grundriß, der in einer Breiten-Dehnungsmodeschwingt, sowie einen daraus gebildeten Resonator.

Piezoelektrische Resonatoren, die mit einer Schwingung in einer Dehnungsmoden- und einer Kontur-Scherungsmoden arbeiten, werden im allgemeinen im Frequenzbereich von einigen 10 kHz bis 2 MHz eingesetzt.

Doch welche der oben genannten Schwingungsmoden man auch einsetzt, die Knotenpunkte der Schwingung liegen stets nur auf Mittelpunkten der Hauptflächen des Resonators, und deshalb ist es schwierig, den Resonator in stabiler Weise zu halten. Der oben genannte piezoelektrische Resonator wird mit Federklemmen an den Knotenpunkten gehalten, die sich auf den Mittelpunkten seiner Hauptflächen befinden. Da jedoch in dem herkömmlichen piezoelektrischen Resonator, der mit einer Dehnungsmoden- oder einer Kontur-Scherungsmoden arbeitet, ein plattenförmiger Vibrator eingesetzt wird, können sich an den Berührungspunkten zwischen dem Resonator und den Federklemmen Spannungen konzentrieren, die zum Bruch des Resonators führen, wenn dieser durch solche Federklemmen gehalten wird.

Außerdem ist es schwierig, eine andere als die oben genannte Befestigungsstruktur zu verwenden und das aus dem piezoelektrischen Resonator aufgebaute Bauelement zu miniaturisieren, da sich die Knotenpunkte der Schwingung nur auf den Mittelpunkten der Hauptflächen befinden.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Vibrator, einen Resonator und ein Resonanzbauelement zu schaffen, die für den Einsatz in einem Frequenzbereich von einigen 100 kHz bis 2 MHz oder einem größeren Frequenzbereich geeignet sind und eine vereinfachte Befestigungsstruktur aufweisen können, bei der die Gefahr von Spannungskonzentrationen vermindert ist und bei der die Möglichkeit einer möglichst weitgehenden Miniaturisierung der Gesamtabmessungen besteht.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß ein Vibrator mit einem rechteckigen Grundriß vorgesehen, der zwei kürzere Seiten und zwei längere Seiten aufweist. In diesem Vibrator liegt das Längenverhältnis  $b/a$  der längeren Seite zur kürzeren Seite mit einer Toleranz von  $\pm 10\%$  bei dem folgenden Wert:

$$b/a = n(-1,47\sigma + 1,88) \quad (1),$$

wobei  $a$  die Länge der kürzeren Seite,  $b$  die Länge der längeren Seite,  $\sigma$  das Poisson-Verhältnis des den Vibrator bildenden Materials und  $n$  eine ganze Zahl ist.

Gemäß einer speziellen Ausführungsform der Erfindung ist ein mit einer Breiten-Dehnungsmoden arbeitender Resonator vorgesehen, der wenigstens einen Tragteil aufweist, der mit dem oben erwähnten Vibrator mit rechteckigem Grundriß im Bereich des einen Schwingungsknotens bildenden Mittelpunktes wenigstens einer seiner kürzeren Seiten verbunden ist.

Die Breiten-Dehnungsmoden, die bei dem Vibrator und dem Resonator gemäß der Erfindung verwendet wird, ist eine Schwingungsmoden eines Vibrators mit rechteckigem Grundriß, der sich in einem Schwingungszustand zwischen einer Dehnungs-Schwingung und einer Breiten-Schwingung befindet.

Bei der speziellen Ausführungsform der Erfindung wurde für den Anschluß des Tragteils der Mittelbereich wenigstens einer der kürzeren Seiten gewählt, weil ein

Vibrator mit rechteckigem Grundriß in der oben genannten Breiten-Dehnungsmoden nicht nur Schwingungsknoten an den Mittelpunkten seiner Hauptflächen aufweist, sondern auch an den Mittelpunkten seiner kürzeren Seiten. Bei dem erfindungsgemäßen Resonator kann somit der Schwinger oder Vibrator auf einfache Weise gehalten werden, indem das Tragteil im Mittelbereich wenigstens einer der kürzeren Seiten des Vibrators befestigt oder an dieser Stelle einstückig mit dem Vibrator verbunden wird. Hierdurch ist es möglich, die Gesamtabmessungen des Resonators im Vergleich zu herkömmlichen piezoelektrischen Resonatoren, die mit einer Kontur-Schwingung arbeiten und kommerziell im Frequenzbereich von 1 bis 2 MHz eingesetzt wurden, zu verringern.

Durch Wahl eines geeigneten Materials für den Vibrator ist es somit möglich, einen Resonator für die Verwendung in einem Frequenzbereich zu schaffen, in dem bisher kaum geeignete Resonatoren zur Verfügung standen. Wenn der Vibrator beispielsweise aus piezoelektrischer Keramik besteht, kann ein Energiefallen-Resonator geschaffen werden, der im Frequenzbereich von 800 kHz bis 2 MHz und in einem größeren Frequenzbereich wirksam ist.

Gemäß einer weiteren speziellen Ausführungsform der Erfindung wird ein Resonanzbauelement geschaffen, das mit dem oben genannten Resonator mit einem in der Breiten-Dehnungsmoden schwingenden Vibrator versehen ist. Gehäuse-Substrate sind an den Ober- und Unterseiten des Resonators angebracht, um diesen zu halten, und in den Gehäuse-Substraten oder zwischen diesen und dem Resonator sind Mittel zur Bildung von Hohlräumen vorgesehen, die die Schwingung des schwingenden Teils des Resonators gestatten.

Die Befestigungsstruktur ist so weit vereinfacht, daß auf einfache Weise ein einstückiges chipförmiges Resonanzbauelement geschaffen werden kann, indem die Gehäuse-Substrate in der oben beschriebenen Weise an der Ober- und Unterseite des Resonators angebracht werden.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Vibrators in einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 einen schematischen Grundriß zur Erläuterung einer Dehnungsmoden;

Fig. 3 einen schematischen Grundriß zur Erläuterung einer Breiten-Dehnungsmoden;

Fig. 4 einen schematischen Grundriß zur Erläuterung einer Breiten-Moden;

Fig. 5A ein Diagramm der Auslenkungsverteilung in einer Breiten-Dehnungsmoden, berechnet nach der Finite-Elemente-Methode;

Fig. 5B ein Diagramm zur Erläuterung von Koordinaten in Fig. 5A;

Fig. 6 eine Beziehung zwischen Positionen längs einer Achse  $X$  und Auslenkungsbeträgen in der Auslenkungsverteilung nach Fig. 5A;

Fig. 7 eine Beziehung zwischen Poisson-Verhältnissen und Seitenverhältnissen  $b/a$  für die Anregung von Schwingungen in der Breiten-Dehnungsmoden;

Fig. 8 die Beziehung zwischen den Verhältnissen  $b/a$  und den Beträgen der relativen Auslenkung in der Auslenkungsverteilung nach Fig. 5A;

Fig. 9 die Beziehung zwischen den Poisson-Verhältnissen und den Seitenverhältnissen  $b/a$ ;



Fig. 10A und 10B einen piezoelektrischen Resonator nach dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung im Grundriß und in einer Frontansicht;

Fig. 11 eine Auslenkungsverteilung des Resonators nach Fig. 10A und 10B;

Fig. 12 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Resonators nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 13 einen Grundriß eines piezoelektrischen Resonators nach einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 14 einen Grundriß eines piezoelektrischen Resonators mit dynamischen Dämpfern nach einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 15 eine perspektivische Explosionsdarstellung eines chipförmigen Resonanzbauelements gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 16 eine perspektivische Ansicht des Resonanzbauelements;

Fig. 17A und 17B Auslenkungsverteilungen für einen Vibrator mit dem in Gleichung (1) angegebenen Seitenverhältnis mit  $n = 2$  und für einen mit diesem Vibrator versehenen Resonator;

Fig. 18 eine perspektivische Explosionsdarstellung eines chipförmigen Resonanzbauelements mit einem Resonator nach einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 19 eine perspektivische Ansicht einer in dem Resonator nach Fig. 18 verwendeten Platte aus Piezokeramik;

Fig. 20 eine perspektivische Ansicht des piezoelektrischen Resonators;

Fig. 21 eine perspektivische Ansicht des Resonanzbauelements nach Fig. 18;

Fig. 22 eine perspektivische Ansicht einer Abwandlung des piezoelektrischen Resonators mit einem Tragteil in der Form eines rechteckigen Rahmens;

Fig. 23A einen Grundriß eines als piezoelektrischer Filter ausgebildeten Resonators gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 23B die Grundrißform von Elektroden auf der Unterseite des Resonators nach Fig. 23A;

Fig. 24 eine perspektivische Ansicht eines Resonators gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 25 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Resonators nach einem neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 26 eine perspektivische Ansicht eines piezoelektrischen Resonators gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung, der durch Federklemmen gehalten ist.

Fig. 2 bis 4 sind schematische Grundrißdarstellungen von Schwingungszuständen von Vibratoren, zur Illustration einer Dehnungs- und einer Breiten-Dehnungs-Mode bzw. einer Breiten-Mode. Der Erfinder hat Schwingungszustände von Vibratoren in der Form rechteckiger Platten mit rechteckigem Querschnitt nach der Finite-Elemente-Methode für unterschiedliche Längen der kürzeren und längeren Seiten berechnet. Wenn das Verhältnis der Länge  $b$  der längeren Seite zu der Länge  $a$  der kürzeren Seite 1 beträgt, d. h., wenn der Vibrator 1 die Form eines Quadrats hat, wird die in Fig. 2 gezeigte Dehnungs-Mode stark angeregt. In dieser Mode oszilliert die Umrißform des Vibrators zwischen dem durch die gestrichelte Linie A angegebenen Umriß und dem durch die strichpunktiierte Linie B angegebenen Umriß. Die Ruhelage des quadratischen Vibrators

ist in durchgezogenen Linien eingezeichnet.

Wenn dagegen das Verhältnis  $b/a$  wesentlich größer ist als 1 ( $b/a \gg 1$ ), so wird die in Fig. 4 gezeigte Breiten-Mode stark angeregt, und dieser rechteckige Vibrator 2 oszilliert zwischen der in Fig. 4 durch die gestrichelte Linie A angegebenen Umrißform und der in Fig. 4 durch die strichpunktiierte Linie B angegebenen Umrißform.

Weiterhin hat sich gezeigt, daß die in Fig. 3 gezeigte Breiten-Dehnungs-Mode stark angeregt wird, wenn das Verhältnis  $b/a$  größer ist als 1 aber kleiner als der Wert, bei dem die Breiten-Mode stark angeregt wird.

In der Breiten-Dehnungs-Mode oszilliert der rechteckige Vibrator 3 mit dem geeignet gewählten Seitenverhältnis  $b/a$  zwischen der in Fig. 3 durch die strichpunktiierte Linie A angegebenen Umrißform und der in Fig. 3 durch die gestrichelte Linie B angegebenen Umrißform.

Die letztgenannte Schwingungs-Mode ist Breiten-Dehnungs-Mode genannt worden, weil sie offensichtlich eine Schwingungs-Mode zwischen den bekannten Dehnungs- und Breiten-Moden ist. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse hat der Erfinder einen piezoelektrischen Resonator mit einer piezoelektrischen Membran hergestellt, bei der das Verhältnis  $b/a$  einen bestimmten Wert hat. Fig. 1 zeigt einen in dieser Weise hergestellten piezoelektrischen Resonator 5. Dieser Resonator 5 umfaßt eine Platte 6 aus piezoelektrischer Keramik mit einem rechteckigen Grundriß, bei dem die kürzeren Seiten die Länge  $a$  und die längeren Seiten die Länge  $b$  haben, und Elektroden 7 und 8, die die Hauptflächen der Platte 6 vollständig bedecken. Die piezokeramische Platte 6 ist einheitlich in Richtung ihrer Dicke polarisiert, wie durch den Pfeil P angegeben wird.

Bei dem oben beschriebenen Resonator 5 wurde das Verhältnis  $b/a$  variiert, um die oben genannte Breiten-Dehnungs-Mode anzuregen. Dabei hat sich gezeigt, daß die Breiten-Dehnungs-Mode am stärksten angeregt wurde, wenn die Gleichung  $b/a = -1,47\sigma + 1,88$  erfüllt war. Fig. 5A zeigt die Auslenkungsverteilung im Resonator 5 für diesen Fall, die mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode analysiert wurde.

Für diese nach der Finite-Elemente-Methode analysierten Auslenkungsverteilung wurden die Auslenkungszustände der jeweiligen Teile in dem in Fig. 5B gezeigten Koordinatensystem mit dem Ursprung O am Mittelpunkt einer Hauptfläche des Resonators 5 und mit den  $x$ - und  $y$ -Achsen mit der in Fig. 5B gezeigten Orientierung gemessen. Die Ergebnisse sind in Fig. 6 gezeigt. Es ist zu erkennen, daß die Beträge der Auslenkungen am Ursprung O und an einem Punkt  $X_1$  in Fig. 5, d. h., im Mittelbereich jeder kürzeren Seite am kleinsten war, während die stärkste Auslenkung in einer mittleren Position zwischen diesen Minima auftrat. Dies bedeutet, daß Schwingungsknoten in der Mitte jeder Hauptfläche und in den Mittelbereichen der kürzeren Seiten des in der Breiten-Dehnungs-Mode schwingenden Resonators 5 liegen. Somit ist es möglich, den Resonator 5 ohne Behinderung der Schwingung in der Breiten-Dehnungs-Mode zu halten, indem er in der Mitte jeder Hauptfläche oder durch andere Tragteile an den Mittelbereichen seiner kürzeren Seiten gehalten wird.

Es hat weiterhin gezeigt, daß eine ähnliche Breiten-Dehnungs-Mode mit Schwingungsknoten in den Mittelbereichen der kürzeren Seiten auch dann angeregt wird, wenn das oben genannte Verhältnis  $b/a$  ein ganzzahliges Vielfaches des Wertes  $-1,47\sigma + 1,88$  ist. Dies wird nunmehr unter Bezugnahme auf Fig. 17A und 17B erläutert. Fig. 17A zeigt die Auslenkungsverteilung in ei-

nem Vibrator mit einem durch die Gleichung (1) gegebenen Verhältnis  $b/a$  für  $n = 2$ , die nach der Finite-Elemente-Methode analysiert wurde. Aus dieser Darstellung geht hervor, daß auch in diesem Fall eine ähnliche Schwingung in einer Breiten-Dehnungsmodenart angeregt wird.

Fig. 17B zeigt die Auslenkungsverteilung in einem Resonator der den Vibrator mit dem Seitenverhältnis  $b/a$  mit  $n = 2$  und an die Mittelbereiche der kürzeren Seiten des Vibrators gekoppelte Tragteile sowie außen an den Tragteilen angebrachte Halteteile aufweist. In Fig. 17B ist deutlich zu erkennen, daß der zwischen den Tragteilen angeordnete Vibrator in einer Breiten-Dehnungsmodenart angeregt wird und praktisch keine Auslenkung auf die Tragteile übertragen wird.

Weiterhin hat sich bestätigt, daß das oben genannte Verhältnis  $b/a$  zu dem Poisson-Verhältnis des piezoelektrischen Resonators 5 in Beziehung steht. Das Poisson-Verhältnis des Vibrators wurde variiert, und die Verhältnisse  $b/a$  bei denen die oben genannte Breiten-Dehnungsmodenart angeregt werden konnte, wurden gegen das Poisson-Verhältnis aufgetragen. Die Ergebnisse sind in Fig. 7 gezeigt. Es ist zu erkennen, daß die Breiten-Dehnungsmodenart zuverlässig angeregt werden kann, wenn das Verhältnis  $b/a$  gemäß der Formel:

$$b/a = n(-1,47\sigma + 1,88) \quad (2)$$

gewählt wird, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist. Die oben genannte Formel ist die Gleichung der in Fig. 7 erkennbaren Geraden.

Weiterhin wurde erkannt, daß eine Breiten-Dehnungsmodenart nicht nur dann stark angeregt wird, wenn das Verhältnis  $b/a$  die Gleichung (1) exakt erfüllt, sondern auch dann, wenn dieses Verhältnis geringfügig von dem Wert nach der Gleichung (1) abweicht. Um dies festzustellen, wurde eine Platte aus Piezokeramik mit einem Poisson-Verhältnis von 0,324 verwendet, und das Verhältnis  $b/a$  wurde variiert, und es wurde festgestellt, bei welchen Verhältnissen die Breiten-Dehnungsmodenart auftrat. Hierzu wurde die relative Auslenkung  $D(X_1)/D(C)$  des Punktes  $X_1$  in Fig. 5B in Bezug auf den Punkt C (siehe Fig. 5B), an dem die Auslenkung in der Breiten-Dehnungsmodenart maximal ist, gemessen, wobei  $D(X_1)$  die Auslenkung am Punkt  $X_1$  und  $D(C)$  die Auslenkung am Punkt C angibt. Die Ergebnisse sind in Fig. 8 gezeigt.

Es ist zu erkennen, daß die relative Auslenkung innerhalb eines Bereichs von  $\pm 10\%$  bleibt, wenn das Verhältnis  $b/a$  bei der Poisson-Zahl von  $\sigma = 0,324$  im Bereich von 1,26 bis 1,54 liegt. Es wurden dann mehrere Proben des in Fig. 1 gezeigten piezoelektrischen Resonators 5 hergestellt, bei denen die Verhältnisse  $b/a$  innerhalb des Bereichs von  $\pm 10\%$  um den Optimalwert streuten, und Tragteile wurden an den Mittelbereichen der kürzeren Seiten angebracht, und es wurden dann die Resonanzeigenschaften dieser Proben gemessen. Dabei hat sich bestätigt, daß die Schwingung in der Breiten-Dehnungsmodenart wirksam eingeschlossen bleibt, wenn die relative Auslenkung innerhalb des oben genannten Bereichs von  $10\%$  liegt.

Es ist somit möglich, einen günstigen Schwingungszustand in der oben genannten Breiten-Dehnungsmodenart zu erreichen, indem das Verhältnis  $b/a$  mit einer Toleranz von  $\pm 10\%$  gemäß der Gleichung (1) gewählt wird.

In Fig. 9 gibt der Bereich zwischen der gestrichelten Linie und der strichpunktierten Linie für unterschiedliche Poisson-Verhältnisse den Bereich der Seitenverhältnisse  $b/a$  an, innerhalb dessen besonders günstige Er-

gebnisse erzielt werden.

Fig. 10A und 10B zeigen einen Grundriß und eine Frontansicht eines piezoelektrischen Resonators 11 mit einem in der Breiten-Dehnungsmodenart schwingenden Vibrator gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, der auf der Grundlage der obigen Erkenntnisse hergestellt wurde. Der Resonator 11 besitzt als Vibrator einen piezoelektrischen Resonanzschwinger 12 in der Form einer rechteckigen Platte mit rechteckigem Querschnitt. Der Resonanzschwinger 12 weist eine Platte 13 aus piezoelektrischer Keramik mit rechteckigem Grundriß auf, die gleichförmig in Richtung ihrer Dicke polarisiert ist, und ist auf beiden Hauptflächen mit Resonanzelektroden 14 und 15 versehen, die sich jeweils über die gesamte Oberfläche der Platte 13 erstrecken. Tragteile 16 und 17 sind in den Mittelbereichen an die kürzeren Seiten des Resonanzschwingers 12 angeschlossen, die den Schwingungsknoten in der angeregten Breiten-Dehnungsmodenart entsprechen. An den äußeren Enden der Tragteile 16 und 17 ist jeweils ein Halteteil 18 bzw. 19 angebracht.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Tragteile 16 und 17 und die Halteteile 18 und 19 in einem Stück mit der Platte 13 ausgebildet. Bei der Herstellung wird eine ursprünglich rechteckige piezokeramische Platte so bearbeitet, daß sie die in Fig. 10A und 10B gezeigte Form erhält. Alternativ können die Tragteile 16 und 17 und die Halteteile 18 und 19 auch getrennt von dem Resonanzschwinger 12 hergestellt und dann durch ein geeignetes Verfahren, beispielsweise durch Klebung, damit verbunden werden.

Die Resonanzelektroden 14 und 15 sind über leitende Verbindungsbahnen 14a und 15a, die jeweils auf einer Oberfläche des Tragteils 16 bzw. 17 ausgebildet sind, mit auf je einer Hauptfläche der Halteteile 18 und 19 angebrachten Klemmenelektroden 20 und 21 verbunden.

Durch Anlegen einer Wechselspannung an die Klemmenelektroden 20 und 21 wird der Resonanzschwinger 12 zu Schwingungen in der Breiten-Dehnungsmodenart angeregt. Bei dieser Schwingung werden die Mittelbereiche der kürzeren Seiten des Resonanzschwingers 12 kaum ausgelenkt, da sie die Schwingungsknoten bilden. Die Schwingung in der Breiten-Dehnungsmodenart wird deshalb kaum auf die Tragteile 16 und 17 übertragen. Auf diese Weise ist es möglich, die Schwingung wirksam zwischen den Tragteilen 16 und 17 einzuschließen.

Es hat sich als möglich erwiesen, mit diesem Ausführungsbeispiel einen Energiefallen-Resonator zu schaffen, der für einen Frequenzbereich von 800 kHz bis 2 MHz geeignet ist, da der Resonanzschwinger 12 eine Resonanzfrequenz von 800 kHz aufweist, wenn seine Abmessungen  $2,5 \times 3,5$  mm betragen, während die Resonanzfrequenz 2 MHz beträgt, wenn die Abmessungen  $1,0 \times 1,4$  mm sind.

Selbstverständlich ändern sich die oben genannten Resonanzfrequenzen und damit der nutzbare Frequenzbereich, wenn für den Resonanzschwinger 12 ein anderes Material verwendet wird. Somit ist es möglich, piezoelektrische Energiefallen-Resonatoren zu schaffen, die in verschiedenen Frequenzbereichen eingesetzt werden können, indem der Resonanzschwinger 12 aus unterschiedlichen piezoelektrischen Materialien hergestellt wird.

Fig. 12 zeigt einen Energiefallen-Resonator 5 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind Metallklemmen 22 und 23, die als Tragteile dienen, an Elektroden 7 und 8 angelötet, die den auf beiden Hauptflächen des Resonators 5

nach Fig. 1 ausgebildeten Elektroden entsprechen. Das Seitenverhältnis  $b/a$  des piezoelektrischen Resonators 5 ist wieder so gewählt, daß die Breiten-Dehnungsmodestark angeregt wird. Auch hier bilden deshalb die Mittelabschnitte der kürzeren Seiten seiner Hauptflächen Schwingungsknoten, und die Metallklemmen 22 und 23 sind in der Nähe dieser Schwingungsknoten angelötet. Auch in diesem Fall wird deshalb die Schwingung in der Breiten-Dehnungsmodestark durch die als Tragteile dienenden Metallklemmen 22 und 23 kaum behindert.

Fig. 13 zeigt einen piezoelektrischen Energiefallen-Resonator 31 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Der Resonator 31 besitzt ähnlich wie der Resonator nach dem ersten Ausführungsbeispiel einen piezoelektrischen Resonanzschwinger 32 mit rechteckigem Grundriß. Zwei Resonanzelektroden 32b und 32c sind längs den längeren Seiten auf der oberen Oberfläche einer den Resonanzschwinger oder Vibrator bildenden piezoelektrischen Platte 32a angeordnet. Die Platte 32a ist in Richtung des Pfeiles P in Fig. 13, d. h., in der Richtung von der Resonanzelektrode 32b zu der Resonanzelektrode 32c polarisiert. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel liegt das Seitenverhältnis  $b/a$  des Resonanzschwingers 32 innerhalb eines Bereichs von  $\pm 10\%$  in der Nähe des Punktes gemäß der Gleichung (1).

Wenn eine Wechselladung an die Resonanzelektroden 32b und 32c angelegt wird, oszilliert der Resonanzschwinger 32 in einer Breiten-Dehnungsmodestark. In diesem Fall wird der Resonanzschwinger 32 parallel zu dem angelegten elektrischen Feld ausgelenkt, d. h., der Resonator 31 benutzt den longitudinalen piezoelektrischen Effekt.

Tragteile 36 und 37 sind an den Schwingungsknoten der Schwingung in der Breiten-Dehnungsmodestark mit dem Resonanzschwinger 32 verbunden, und Halteteile 38 und 39 sind an den äußeren Enden der Tragteile 36 und 37 angebracht. Weiterhin zeigt Fig. 13 Klemmenelektroden 40 und 41 sowie leitende Verbindungsbahnen 34a und 35a, die die Klemmenelektroden mit den Resonanzelektroden verbinden.

Wie das Beispiel nach Fig. 13 zeigt, ist die Erfindung nicht auf piezoelektrische Resonatoren beschränkt, die auf dem transversalen piezoelektrischen Effekt beruhen.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen ist wesentlich, daß der als rechteckige Platte ausgebildete Vibrator ein Seitenverhältnis  $b/a$  aufweist, das in einem bestimmten Bereich gewählt ist, so daß die Schwingung in der Breiten-Dehnungsmodestark angeregt werden kann, und daß Tragteile an die Mittelbereiche der kürzeren Seiten angeschlossen sind, die der Position von Schwingungsknoten der Breiten-Dehnungsmodestark entsprechen. Der Vibrator muß jedoch nicht notwendigerweise aus einem piezoelektrischen Material bestehen, sondern kann auch aus einem anderen Material hergestellt sein.

Zusätzlich können außerhalb der mit dem Vibrator verbundenen Tragteile dynamische Dämpfer angebracht werden, um Leckschwingungen durch dynamische Dämpfung zu kompensieren. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in Fig. 14 gezeigt.

Der in Fig. 14 gezeigte piezoelektrische Resonator 42 entspricht einer Abwandlung des piezoelektrischen Resonators 11 nach dem ersten Ausführungsbeispiel, das in Fig. 10A und 10B gezeigt ist.

An den äußeren Enden der Tragteile 16 und 17 ist hier jeweils ein dynamischer Dämpfer 43 bzw. 44 angebracht. Verbindungssteile 45 und 46 sind an die Mittelbe-

reiche der äußeren Seitenflächen der dynamischen Dämpfer 43 und 44 angeschlossen und sind ihrerseits an ihren äußeren Enden mit den Halteteilen 18 und 19 verbunden. Die dynamischen Dämpfer 43 und 44 sind somit im Bereich der Tragteile in die in Fig. 10A und 10B gezeigte Struktur eingefügt. Die dynamischen Dämpfer 43 und 44 sind so ausgelegt, daß sie durch das bekannte Phänomen der dynamischen Dämpfung Leckschwingungen unterdrücken, die über die Tragteile übertragen werden.

Fig. 15 und 16 zeigen eine Explosionsdarstellung und eine perspektivische Ansicht eines chipförmigen Resonanzbauelements gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der in Fig. 10A und 10B gezeigte piezoelektrische Resonator 11 verwendet. Abstandshalter 51 und 52, die die gleiche Dicke besitzen wie der piezoelektrische Resonator 11, sind seitlich an den piezoelektrischen Resonator 11 angeklebt, so daß eine Resonanzplatte 53 gebildet wird.

Die Abstandshalter 51 und 52 haben einen im wesentlichen U-förmigen Grundriß und sind an ihren beiden Enden mit den Halteteilen 18 und 19 des Resonators 11 verbunden.

Diese Abstandshalter 51 und 52 können aus irgendeinem isolierenden Material, beispielsweise aus isolierender Keramik wie Aluminiumoxid oder aus Kunstharz bestehen.

Auf der Ober- und Unterseite der Resonanzplatte 53 sind rahnenförmige Abstandselemente 54 und 55 angebracht, und obere und untere Gehäuse-Substrate 56 und 57 sind mit Hilfe eines isolierenden Klebers auf die Abstandselemente 54 und 55 aufgeklebt, so daß ein chipförmiges Gehäuse gebildet wird.

Durch die Abstandselemente 54 und 55 wird ein Hohlraum geschaffen, der die Schwingung der schwingenden Teile des piezoelektrischen Resonators 11, d. h., des Resonanzschwingers 12 ermöglicht. Hierzu sind Öffnungen 54a und 55a in den Abstandselementen 54 und 55 und die Dicke der Abstandselemente 54 und 55 entsprechend dimensioniert.

Die Abstandselemente 54 und 55 können aus isolierenden Harzfilmen, beispielsweise Polyethylenterephthalat-Filmen bestehen oder durch blattförmige Klebefolien oder andere isolierenden Materialien gebildet werden.

Die Gehäuse-Substrate 56 und 57 können aus einem geeigneten synthetischen Material bestehen, beispielsweise aus isolierender Keramik wie Aluminiumoxid, oder aus Kunstharz. Durch die Gehäuse-Substrate 56 und 57 wird die Resonanzplatte 53 unter Zwischenfügung der Abstandselemente 54 und 55 gehalten, so daß insgesamt ein integriertes, chipförmiges Resonanzbauelement 60 geschaffen wird, wie in Fig. 16 gezeigt ist.

An diesem Resonanzbauelement 60 sind an beiden Stirnflächen eines durch die Gehäuse-Substrate 56 und 57 und die Resonanzplatte 53 gebildeten Laminats 61 äußere Elektroden 62 und 63 angebracht. Die äußeren Elektroden 62 und 63 werden hergestellt, indem ein leitfähiges Material durch Plattieren, Vakuumbedampfung oder Sputtern aufgebracht wird.

Die äußeren Elektroden 62 und 63 sind vorzugsweise nicht nur auf den beiden Stirnflächen des Laminats 61 aufgebracht, sondern erstrecken sich auch auf die Ober- und Unterseiten des Laminats, wie in Fig. 16 gezeigt ist. Hierdurch wird die elektrische Verbindung mit einem Leiterbahnenmuster auf einer gedruckten Schaltungslatine oder dergleichen erleichtert, wenn das Reso-

nanzbaulement 60 auf einer solchen Schaltungsplatine montiert wird. Um die Herstellung der äußeren Elektroden 62 und 63 auf den Ober- und Unterseiten des Laminats 61 zu vereinfachen, werden bei diesem Ausführungsbeispiel Elektroden 56a und 56b vorab auf dem Gehäuse-Substrat 56 angebracht, wie in Fig. 15 gezeigt ist. Ein weiteres (nicht gezeigtes) Elektrodenpaar ist auf der Unterseite des Gehäuse-Substrats 57 angebracht.

Die Elektroden 56a und 56b müssen jedoch nicht notwendigerweise vorab auf den Gehäuse-Substraten angebracht werden. Es ist auch möglich, nach der Bildung des Laminats 61 ein Elektrodenmaterial für die äußeren Elektroden so auf den Stirnflächen anzubringen, daß es sich auf die Oberseite und die Unterseite des Laminats erstreckt, um die Elektroden 56a und 56b zu bilden.

Während bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel die Abstandselemente 54 und 55 gesondert hergestellt werden, ist es auch möglich, konkave Bereiche mit einer den Öffnungen 54a und 55a der Abstandselemente 54 und 55 entsprechenden Grundrißform in der Unterseite des Gehäuse-Substrats 56 und der Oberseite des Gehäuse-Substrats 57 auszubilden, um die Hohlräume zu schaffen, die die Schwingung der schwingenden Teile des Resonators 11 ermöglichen. In diesem Fall kann die Tiefe der konkaven Bereiche geeignet gewählt werden, so daß die Abstandselemente 54 und 55 entfallen können.

Wahlweise kann auch ein isolierendes Klebemittel so auf der Unterseite des Gehäuse-Substrats 56 und der Oberseite des Gehäuse-Substrats 57 aufgebracht werden, daß es eine als rechteckiger Rahmen geformte isolierende Klebeschicht mit geeigneter Dicke bildet, die anstelle der Abstandselemente 54 und 55 die Hohlräume für die Schwingung des Resonanzschwingers 12 des Resonators 11 schafft. Diese Klebeschichten dienen dann einerseits zur Bildung der Hohlräume und andererseits zum Fixieren der Gehäuse-Substrate 56 und 57.

Während bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 15 und 16 der in Fig. 10A und 10B gezeigte piezoelektrische Resonator 11 verwendet wird, können ähnliche chipförmige Resonanzbauelemente auch unter Verwendung anderer Resonatoren hergestellt werden, die gemäß Anspruch 1 mit einer Breiten-Dehnungsmoden arbeiten. Beispielsweise kann der in Fig. 13 gezeigte piezoelektrische Resonator 31 verwendet werden.

Bei dem in Fig. 16 gezeigten Resonanzbauelement 60 ist der piezoelektrische Resonator 11 durch ein isolierendes Klebemittel mit den Abstandshaltern 51 und 52 verklebt (siehe Fig. 15). Wenn an den in Fig. 15 durch Pfeile A bezeichnete Klebestellen Klebefehler auftreten, werden die Dichtungseigenschaften beeinträchtigt, so daß das Resonanzbauelement 60 feuchtigkeitsempfindlicher wird.

Ein Ausführungsbeispiel, bei dem dieses Problem der Feuchtigkeitsempfindlichkeit vermieden wird, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 18 bis 21 beschrieben. Fig. 18 ist eine Explosionsdarstellung entsprechend Fig. 15 zur Illustration eines chipförmigen Resonanzbauelements gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird ein piezoelektrischer Resonator 11 in der Form eines rechteckigen Rahmens anstelle des piezoelektrischen Resonators 11 und der Abstandshalter 51 und 52 in Fig. 15 verwendet. Die übrigen Einzelheiten, d. h., die Abstandselemente 54 und 55 und die Schutz-Substrate oder Gehäuse-Substrate 56 und 57 sind ähnlich ausgebildet wie in Fig. 15.

Der Resonator 111 wird durch eine Platte 112 aus

piezoelektrischer Keramik gebildet, die in Fig. 19 perspektivisch gezeigt ist. Zur Herstellung der Platte 112 wird eine einzelne rechteckige Platte aus piezoelektrischer Keramik beispielsweise durch Ätzen mit einem Laserstrahl oder durch mechanische Bearbeitung in die in Fig. 19 gezeigte Form gebracht. In dieser Platte 112 sind ein rechteckiger rahmenförmiger Halteteil 113 mit einer Öffnung 113a und ein den Resonanzschwinger bildender plattenförmiger Teil 114 in einem Stück ausgebildet. Elektroden sind ähnlich wie bei dem piezoelektrischen Resonator 11 auf der Platte 112 angebracht, um den in Fig. 20 gezeigten piezoelektrischen Resonator 111 zu bilden.

Der Resonator 111 entspricht somit einer Struktur, bei der der in Fig. 15 gezeigte Resonator 111 und die Abstandshalter 51 und 52 zu einem einstückigen Bauteil integriert sind.

Dies hat den Vorteil, daß die in Fig. 15 mit A bezeichneten Klebestellen vermieden werden und somit das Resonanzbauelement wirksam gegen Feuchtigkeit geschützt ist.

Fig. 21 ist eine perspektivische Ansicht des chipförmigen Resonanzbauelements 120, das durch Übereinanderstapeln des Resonators 111, der Abstandselemente 54 und 55 und der Schutz-Substrate 56 und 57 nach Fig. 18 gebildet wird. Äußere Elektroden 122 und 123 sind so angebracht, daß sie die beiden Stirnflächen des so erhaltenen Laminats 121 sowie die angrenzenden Bereiche der Hauptflächen des Resonanzbauelements bedecken. Somit kann das Resonanzbauelement 120 ähnlich wie andere chipförmige elektronische Bauelemente durch Oberflächenmontage auf einer gedruckten Schaltungsplatine oder dergleichen angebracht werden.

Fig. 22 zeigt eine Abwandlung des zuvor beschriebenen Resonators 111. Der in Fig. 22 gezeigte Resonator 131 besitzt einen Halteteil 132 in der Form eines rechteckigen Rahmens und einen Resonanzschwinger 133, der in einem Stück mit dem Halteteil 132 ausgebildet ist. Der Resonanzschwinger 133 ist ähnlich ausgebildet wie bei dem in Fig. 13 gezeigten Resonator 31, so daß bezüglich der Einzelheiten auf die dortige Beschreibung verwiesen werden kann.

Auch wenn der Resonator 131 zur Bildung eines chipförmigen Resonanzbauelements verwendet wird, läßt sich aufgrund der einstückigen Bauweise des Resonators ein wirksamer Feuchtigkeitsschutz erreichen.

Bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen weist der piezoelektrische Resonator jeweils nur einen einzigen für Schwingungen in der Breiten-Dehnungsmoden ausgebildeten Resonanzschwinger auf. Die Erfindung ist jedoch auch auf Resonatoren mit mehreren Resonanzschwingern anwendbar. Ein solches Ausführungsbeispiel wird nunmehr unter Bezugnahme auf Fig. 23A und 23B beschrieben. Fig. 23A zeigt einen Grundriß eines solchen piezoelektrischen Resonators 141, und Fig. 23B zeigt die Form und Anordnung von Elektroden auf der Unterseite dieses Resonators.

Der Resonator 141 ist als piezoelektrischer Zweimoden-Filter ausgebildet und besitzt erste und zweite piezoelektrische Resonanzschwinger 142 und 143, die zu Schwingungen in der Breiten-Dehnungsmoden fähig sind. Die Resonanzschwinger 142 und 143 werden jeweils durch eine rechteckige Platte aus piezoelektrischer Keramik gebildet, die in Richtung ihrer Dicke einheitlich polarisiert ist. Elektroden 142a und 143a sind auf einer Hauptfläche der Resonanzschwinger ausgebildet und dienen als Resonanzelektroden, und auf der Unterseite sind Elektroden 142b und 143d angebracht,

die als Erdungselektroden dienen.

Die ersten und zweiten Resonanzschwinger 142 und 143 werden jeweils in der Breiten-Dehnungsmoden ange-  
regt und sind im Bereich ihrer Schwingungsknoten  
durch einen Verbindungsteil 144 miteinander verbun-  
den. Die Elektroden 142b und 143b auf der Unterseite  
sind durch eine auf der Unterseite des Verbindungsteils  
144 ausgebildete Leiterbahn elektrisch miteinander ver-  
bunden. Auf diese Weise ist es möglich, einen piezoelek-  
trischen Zweimoden-Filter zu bilden, der mit symme-  
trischen und asymmetrischen Moden arbeitet, indem die  
Elektroden 142a und 143a als Eingangs- und Ausgangs-  
elektroden und die unteren Elektroden 142b und 143b  
als Erdungselektroden geschaltet werden.

Der Aufbau dieses Resonators entspricht weitgehend  
dem Resonator 11 nach dem ersten Ausführungsbei-  
spiel, mit dem Unterschied, daß zwei piezoelektrische  
Resonanzschwinger 142 und 143 vorgesehen sind. Die  
Außenseiten dieser Resonanzschwinger 142 und 143  
sind durch jeweilige Tragteile mit einem rahmenförmigen  
Halteteil 147 verbunden. Die Resonanzschwinger  
142 und 143 liegen somit in einer Öffnung 147a des  
Tragteils 147. Die Resonanzschwinger sind in einem  
Stück mit dem Tragteil 147 ausgebildet. Der Resonator  
wird hergestellt, indem eine einzelne Platte aus piezo-  
elektrischer Keramik durch mechanische Bearbeitung  
oder Ätzung in die in Fig. 23A und 23B gezeigte Form  
gebracht wird.

Fig. 24 ist eine perspektivische Ansicht eines piezo-  
elektrischen Resonators 201 gemäß einem achten Aus-  
führungsbeispiel der Erfindung. Dieser piezoelektrische  
Resonator 201 arbeitet ähnlich wie der Resonator 11  
nach Fig. 10A und 10B mit dem transversalen piezoelek-  
trischen Effekt. Der Resonanzschwinger 203, der durch  
eine rechteckige Platte 202 aus piezoelektrischer Kera-  
mik gebildet wird, unterscheidet sich jedoch von demje-  
nigen des Resonators 11. Die Platte 202 ist parallel zu  
ihren Hauptflächen polarisiert, wie durch einen Pfeil in  
Fig. 24 angegeben wird. Resonanzelektroden 204 und  
205 sind auf der oberen Oberfläche der Platte 202 längs  
der kürzeren Seiten 202a und 202b derselben ausgebil-  
det. Im übrigen entspricht der Aufbau im wesentlichen  
demjenigen des Resonators 11.

Da die Platte 202 in der die Resonanzelektroden 204  
und 205 verbindenden Richtung polarisiert ist, wird sie  
durch den transversalen piezoelektrischen Effekt zu  
Schwingungen in der Breiten-Dehnungsmoden angeregt,  
wenn eine Wechsellspannung an die Resonanzelektro-  
den 204 und 205 angelegt wird. Auch hier entspricht das  
Seitenverhältnis  $b/a$  der Platte 202 der im Zusammen-  
hang mit Fig. 10A und 10B erläuterten Bemessungs-  
regel. Somit läßt sich auch dieser Resonator zu Schwin-  
gungen in der Breiten-Dehnungsmoden anregen, und er  
kann durch Halteteile 206 und 207 problemlos mecha-  
nisch gehalten werden.

Fig. 25 ist eine perspektivische Ansicht eines piezo-  
elektrischen Resonators 210 gemäß einem neunten Aus-  
führungsbeispiel der Erfindung. Dieser Resonator 210  
entspricht einer Abwandlung des Resonators 11 nach  
Fig. 10A und 10B und besitzt einen Resonanzschwinger  
212 in der Form eines quaderförmigen Blockes 213, des-  
sen Dicke wesentlich größer ist als die der Platte 13 in  
Fig. 10A und 10B. Für das Seitenverhältnis  $b/a$  des Blok-  
kes 213 gilt wieder die im Zusammenhang mit Fig. 10A  
und 10B erläuterte Bemessungsregel. Auf den Hauptflä-  
chen des Blockes 213 sind Resonanzelektroden ange-  
bracht, von denen in Fig. 25 lediglich eine zu erkennen  
ist. Die Dicke des Blockes 213 in der zu den Resonanz-

elektroden senkrechten Richtung ist größer als die Län-  
ge  $b$  der längeren Seite des rechteckigen Querschnitts.

Fig. 26 ist eine perspektivische Ansicht eines Vibra-  
tors 301 gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der  
Erfindung, der zwischen Federklemmen 305 und 306  
gehalten ist. Der Vibrator 301 wird durch einen quader-  
förmigen Block 302 aus piezoelektrischer Keramik ge-  
bildet, der einen rechteckigen Querschnitt mit einer län-  
geren Seite der Länge  $b$  und einer kürzeren Seite der  
Länge  $a$  besitzt. Der Block 302 ist in Richtung des Pfeils  
P polarisiert, d. h., parallel zu seiner längeren Seite. Re-  
sonanzelektroden 303 und 304 sind paarweise auf entge-  
gensetzten Seitenflächen ausgebildet, die den kürze-  
ren Seiten des rechteckigen Querschnitts entsprechen.

Wenn eine Wechsellspannung an die Resonanzelek-  
troden 303 und 304 angelegt wird, oszilliert der Vibrator  
301 in einer Breiten-Dehnungsmoden, wobei linienförmige  
Schwingungsknoten an den Mittelachsen der mit den  
Resonanzelektroden versehenen Seitenflächen auftre-  
ten. Die Knotenlinien verlaufen somit in Richtung der  
Dicke des Blockes 302, so daß der Vibrator 301 durch  
die Federklemmen 305 und 306 auf einfache Weise me-  
chanisch im Bereich der Knotenlinien gehalten werden  
kann, wie in Fig. 26 gezeigt ist.

Anders als bei den vorherigen Ausführungsbeispielen  
wird der Vibrator 301 nach Fig. 26 durch Federklem-  
men gehalten. Da sich jedoch die Knotenlinien der  
Schwingung in der Breiten-Dehnungsmoden über die ge-  
samte Dicke des Blockes 302 erstrecken, treten zwi-  
schen dem Vibrator 301 und den Federklemmen 305 und  
306 keine Spannungskonzentrationen auf, die den Vi-  
brator zerstören könnten.

Während in den beschriebenen Ausführungsbeispielen  
der Vibrator jeweils aus piezoelektrischer Keramik  
besteht, kann auch irgendein anderes Material mit pie-  
zoelektrischen Eigenschaften verwendet werden, bei-  
spielsweise ein piezoelektrischer Einkristall aus Quarz,  
 $\text{LiTaO}_3$ ,  $\text{LiNbO}_3$  oder ein piezoelektrisches Polymer.  
Wahlweise kann auch eine Halbleiterplatte oder Metall-  
platte verwendet werden, die selbst keine piezoelektri-  
schen Eigenschaften besitzt und auf der eine Schicht aus  
piezoelektrischem Material ausgebildet ist.

Obgleich Fig. 23 einen piezoelektrischen Zweimo-  
den-Filter zeigt, kann die Erfindung auch auf einen pie-  
zoelektrischen Einmoden-Filter angewandt werden.

Während weiterhin in der obigen Beschreibung da-  
von ausgegangen wird, daß der Vibrator in der Grund-  
schwingung (ersten Harmonischen) der Breiten-Deh-  
nungsmoden oszilliert, lassen sich die vorteilhaften Effek-  
te der Erfindung auch erreichen, wenn eine ungradzahli-  
ge Harmonische, beispielsweise die dritte Harmonische  
(zweite Oberschwingung) oder die fünfte Harmonische  
(vierte Oberschwingung) verwendet wird.

#### Patentansprüche

1. Vibrator in der Form eines Körpers mit rechteck-  
igem Grundriß mit einer kürzeren Seite der Länge  
 $a$  und einer längeren Seite der Länge  $b$ , der zu  
Schwingungen in einer Breiten-Dehnungsmoden fä-  
hig ist, bei dem das Seitenverhältnis  $b/a$  mit einer  
Toleranz von  $\pm 10\%$  der folgenden Gleichung ge-  
nügt:

$$b/a = n(-1,74\sigma + 1,88),$$

wobei  $\sigma$  das Poisson-Verhältnis des den Vibrator  
bildenden Materials und  $n$  eine ganze Zahl ist.



2. Resonator mit einem Vibrator (5; 12; 32; 114; 133; 142, 143; 203; 212; 301) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Tragteil (16, 17; 22, 23; 36, 37; 305, 306) im wesentlichen im Mittelbereich wenigstens einer der kürzeren Seiten des Vibrators mit dem Vibrator verbunden ist. 5
3. Resonator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Vibrator ein piezoelektrischer Resonanzschwinger ist.
4. Resonator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonanzschwinger eine in Richtung ihrer Dicke polarisierte Platte (6; 13; 142, 143) ist, auf deren beiden Hauptflächen Elektroden (7, 8; 14, 15; 142a, 143a, 142b, 143b) ausgebildet sind. 10
5. Resonator nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch einen Halteteil (18, 19; 38, 39; 113; 132; 147), der mit der dem Vibrator entgegengesetzten Seite des Tragteils (16, 17; 36, 37) verbunden ist. 15
6. Resonator nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine auf dem Halteteil ausgebildete Klemmenelektrode (20, 21; 40, 41), die elektrisch mit einer Elektrode der den Vibrator bildenden Platte aus piezoelektrischer Keramik verbunden ist. 20
7. Resonator nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Tragteile (16, 17; 36, 37) auf entgegengesetzten Seiten des Vibrators angeordnet sind. 25
8. Resonator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonanzschwinger eine Platte (32a; 133; 203) aus piezoelektrischer Keramik aufweist, die in einer Richtung senkrecht zu ihrer Dicke polarisiert ist, und daß erste und zweite Elektroden (32b, 32c; 204, 205) in Abstand zueinander auf einer Hauptfläche dieser Platte angeordnet sind. 30
9. Resonator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Halteteil (38, 39; 132; 206, 207) mit der dem Vibrator entgegengesetzten Seite des Tragteils verbunden ist. 35
10. Resonator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Halteteil eine Klemmenelektrode (40, 41) ausgebildet ist, die elektrisch mit einer Elektrode auf dem Vibrator verbunden ist. 40
11. Resonator nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Tragteile (36, 37) auf entgegengesetzten Seiten des Vibrators angeordnet sind. 45
12. Resonator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf zwei entgegengesetzten Seiten des Vibrators je ein Tragteil (16, 17; 36, 37) und ein Halteteil (18, 19; 38, 39) angeordnet ist. 50
13. Resonator nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch zwei Abstandshalter (51, 52), die an den Halteteilen befestigt sind und zusammen mit diesen einen rechteckigen Rahmen bilden, der den Vibrator umgibt. 55
14. Resonator nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandshalter und die Halteteile durch ein einstückiges Bauteil (113; 132) gebildet werden.
15. Resonator nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß erste und zweite Schutz-Substrate (56 und 57) derart auf der Oberseite und der Unterseite des Resonators und der Abstandshalter angebracht sind, daß ein Hohlraum gebildet wird, der die Schwingung der schwingenden Teile des Resonators gestattet. 60
16. Resonator nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlraum durch Abstandsele-

mente (54, 55) in der Form rechteckiger Rahmen gebildet wird, die zwischen den Halteteilen und Abstandshaltern einerseits und den Schutz-Substraten andererseits angeordnet sind.

17. Resonator nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß er als chipförmiges Bauelement ausgebildet ist.

18. Vibrator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß seine Dicke größer ist als die längere Seite (b) seines rechteckigen Grundrisses.

19. Resonator nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Vibrator (212; 301) nach Anspruch 18.

---

Hierzu 17 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

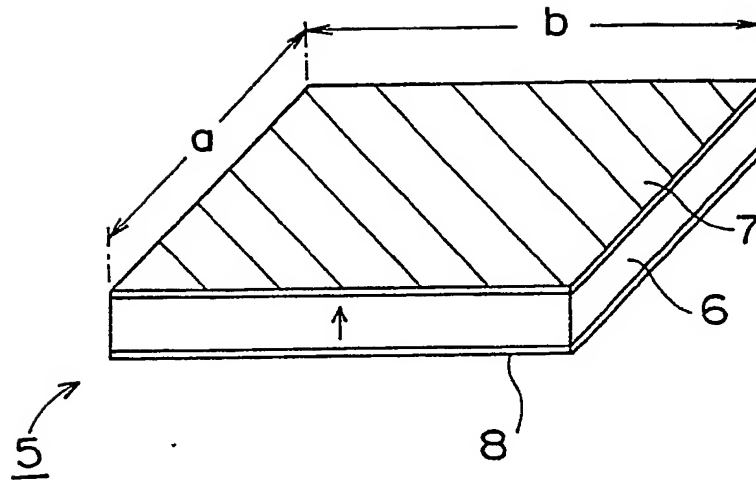


FIG. 2 STAND DER TECHNIK

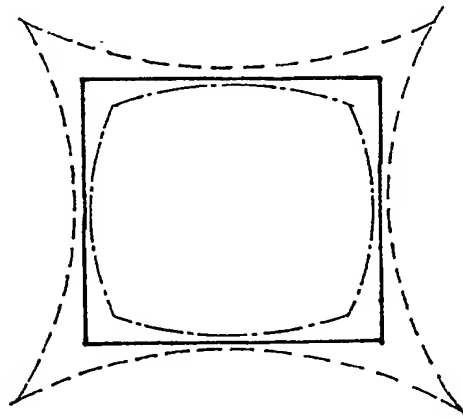




FIG. 3

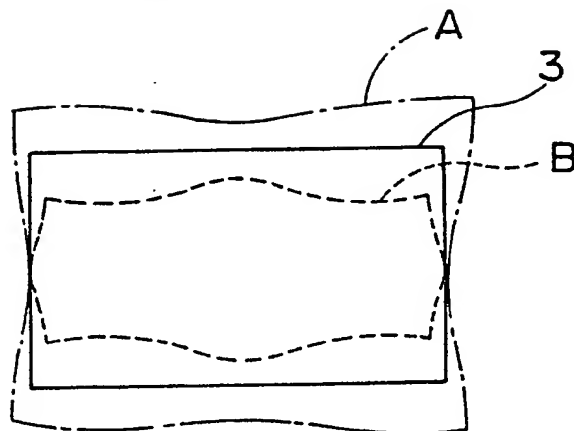


FIG. 4 STAND DER TECHNIK

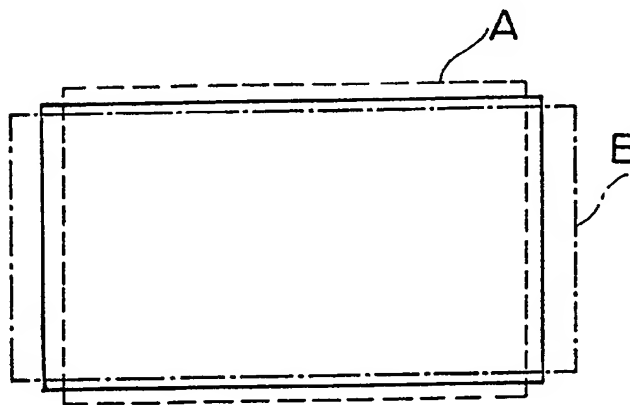


FIG. 5A

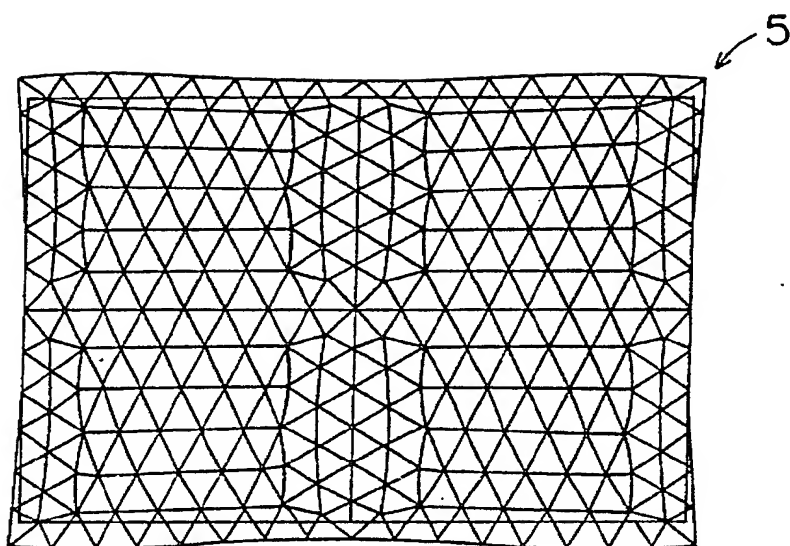


FIG. 5B

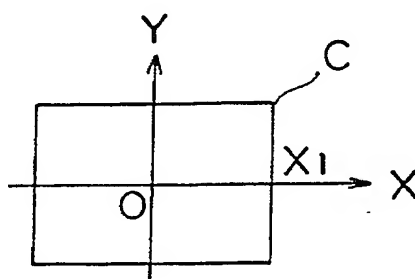


FIG. 6

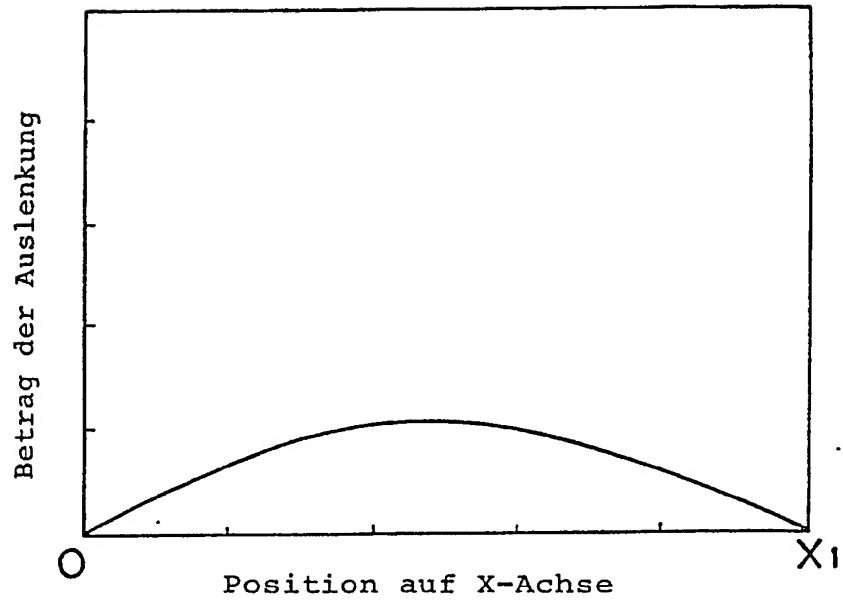


FIG. 7

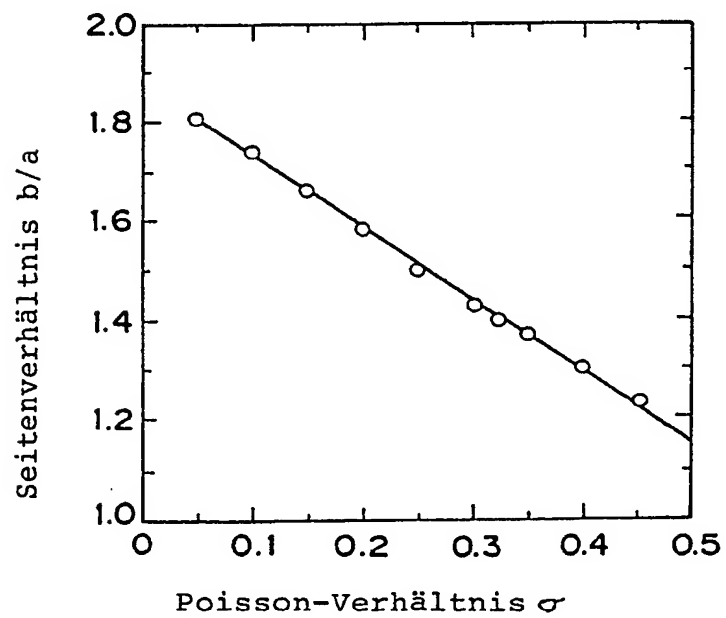


FIG. 8

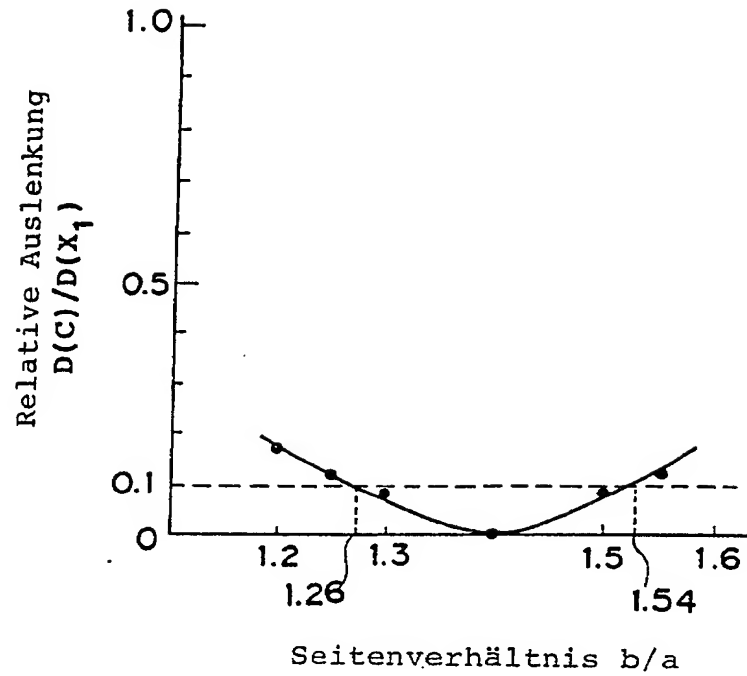


FIG. 9

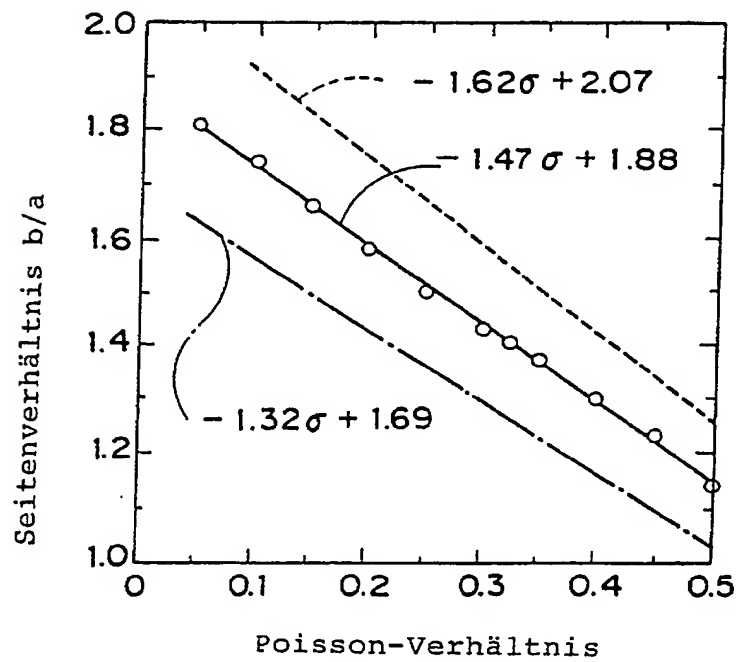


FIG. 10A

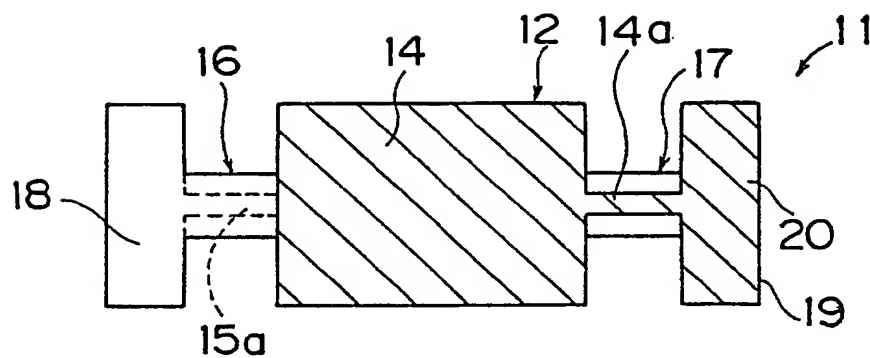


FIG. 10B

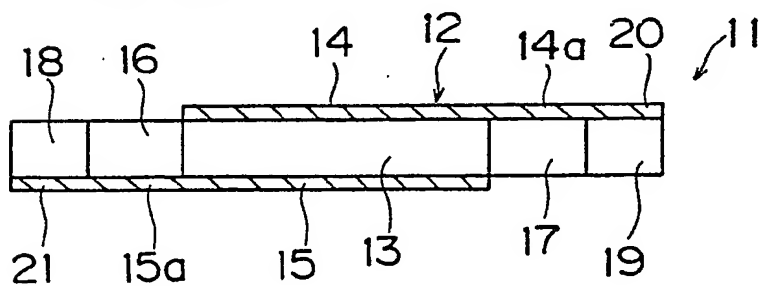


FIG. 11

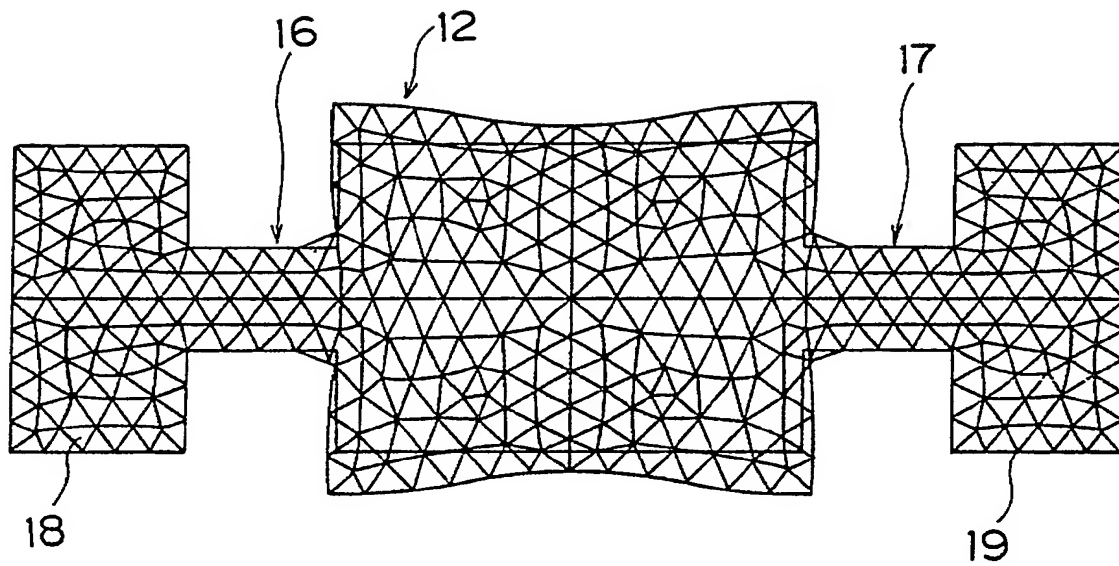


FIG. 12

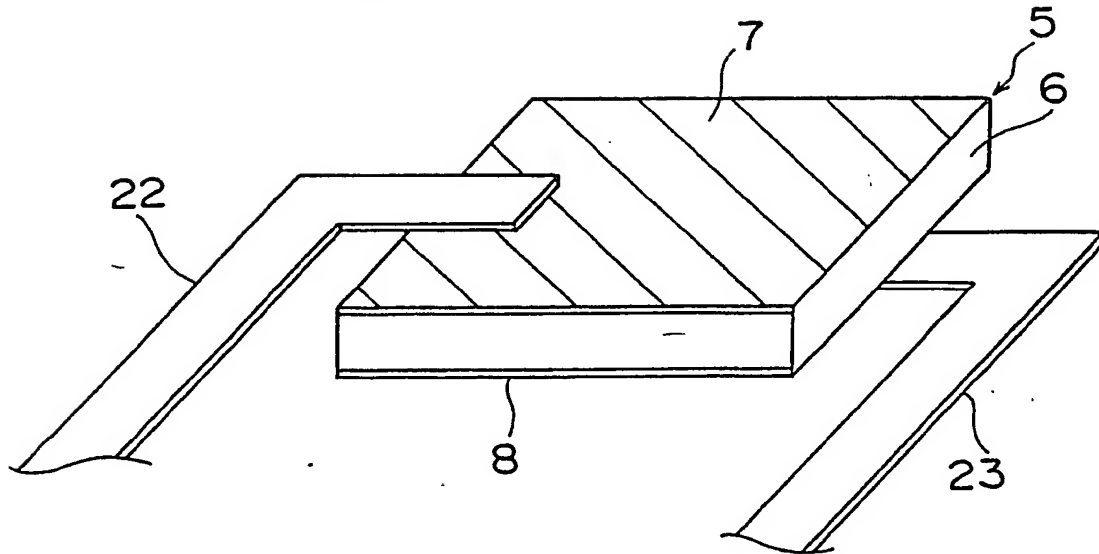
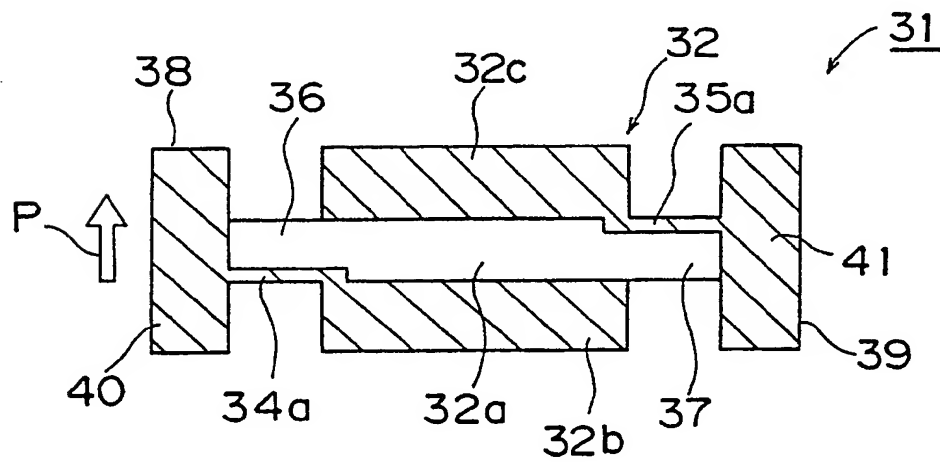


FIG. 13



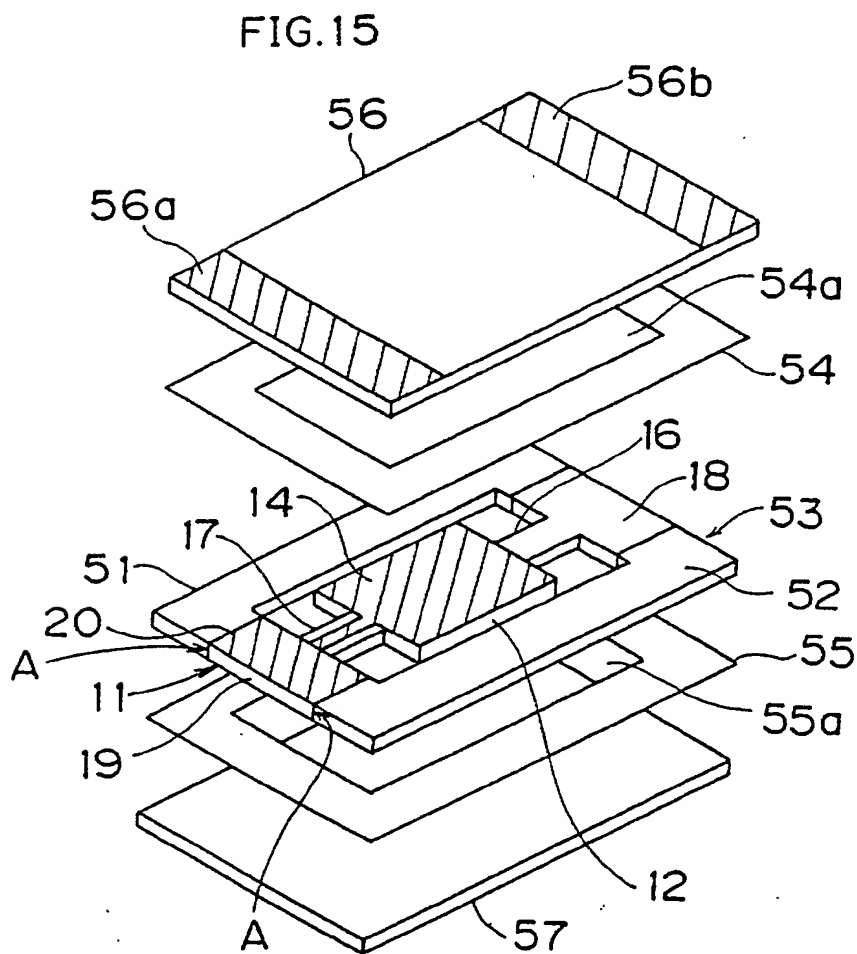
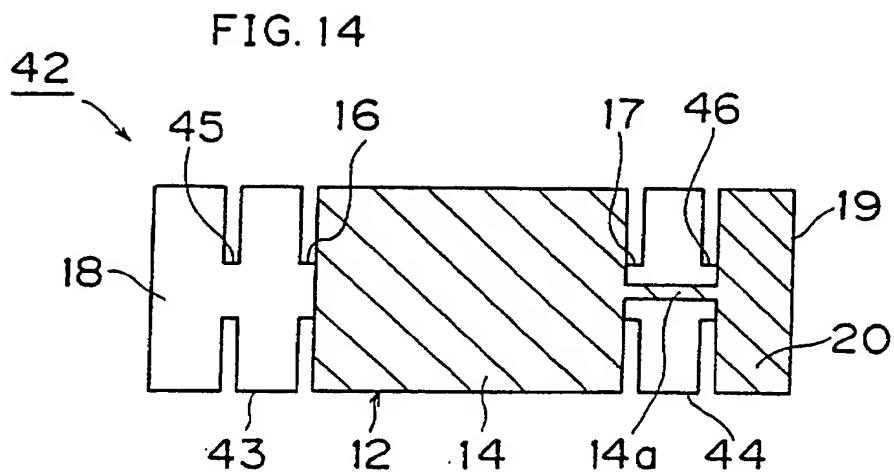




FIG. 16

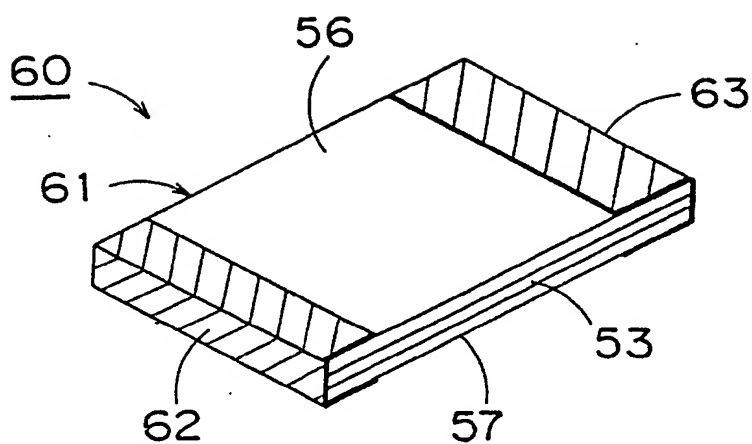


FIG. 17 A

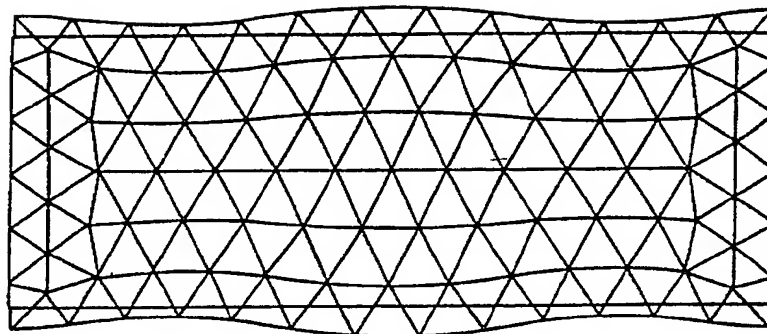


FIG. 17 B

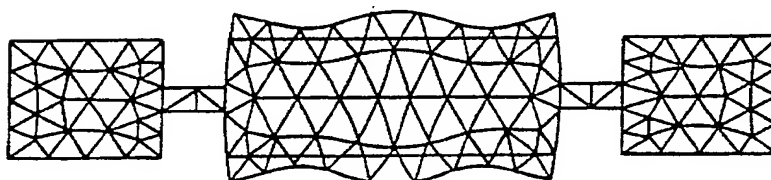


FIG. 18

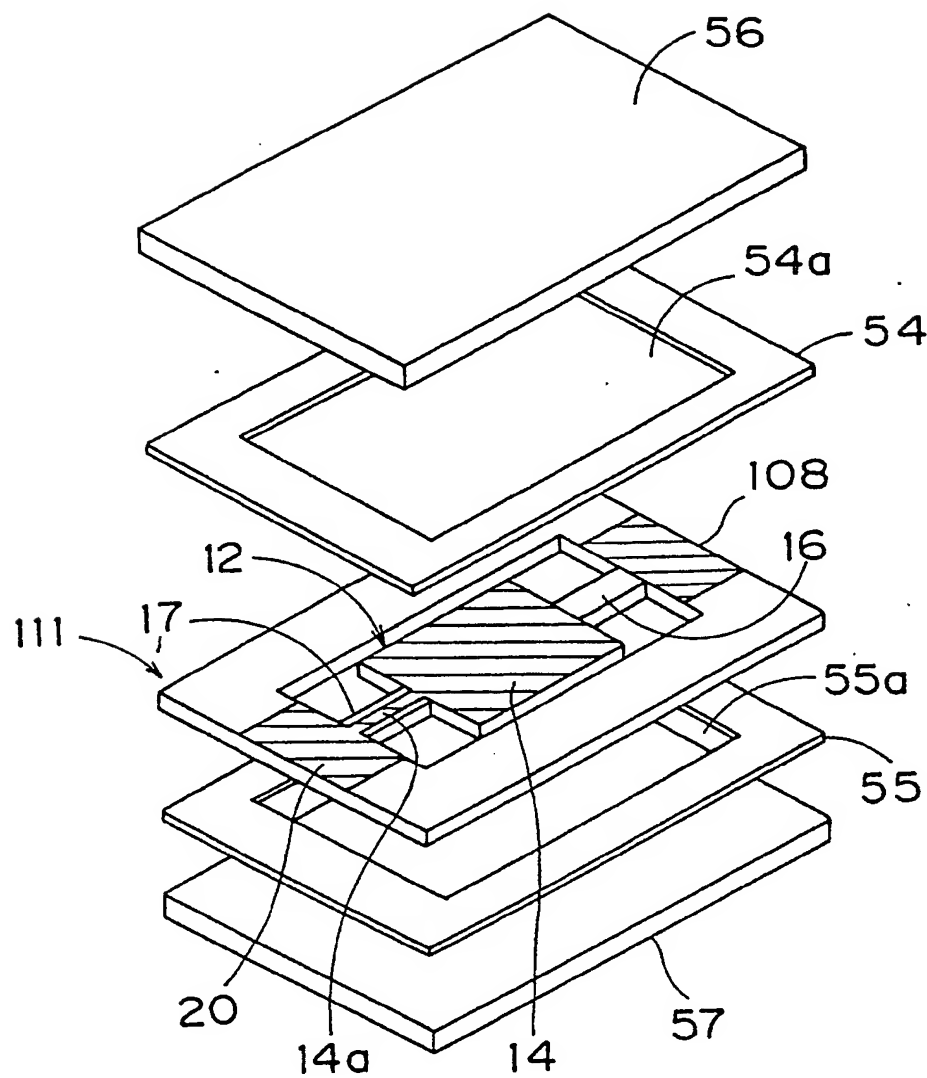


FIG. 19

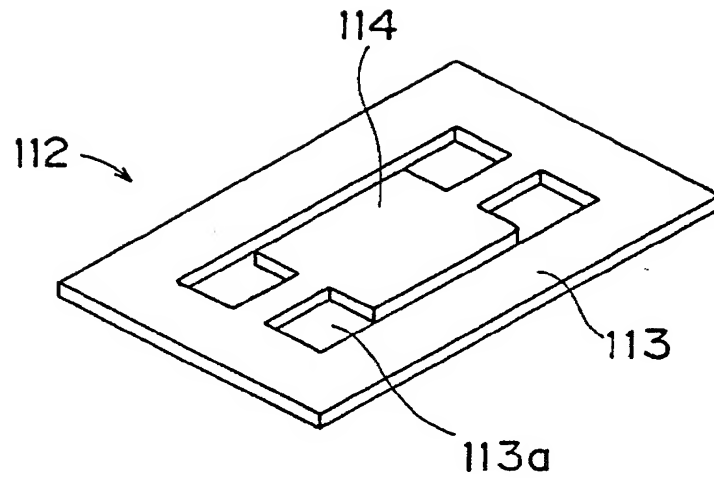


FIG. 20

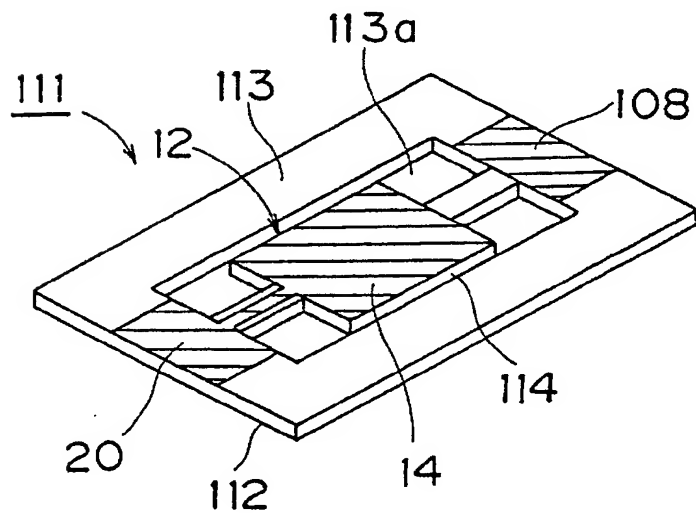


FIG. 21

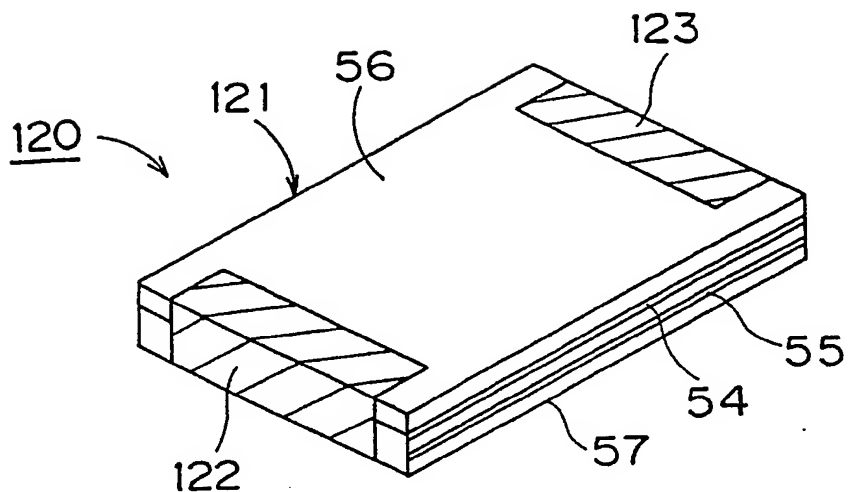


FIG. 22

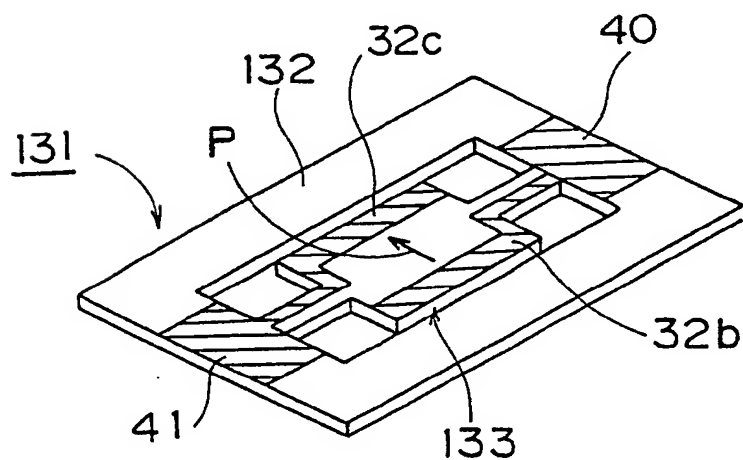


FIG. 23A

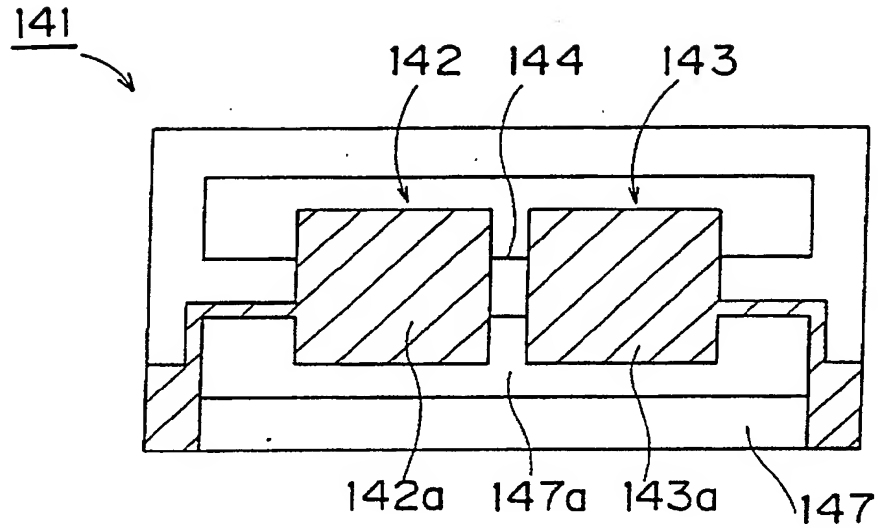
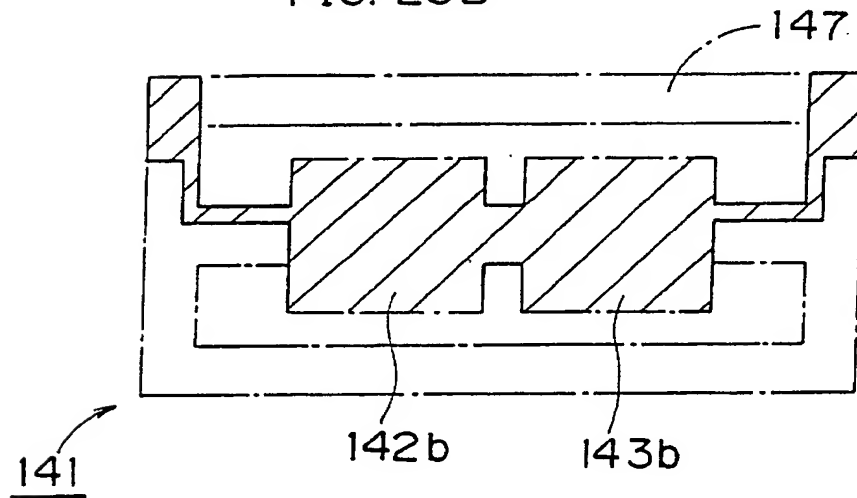


FIG. 23B



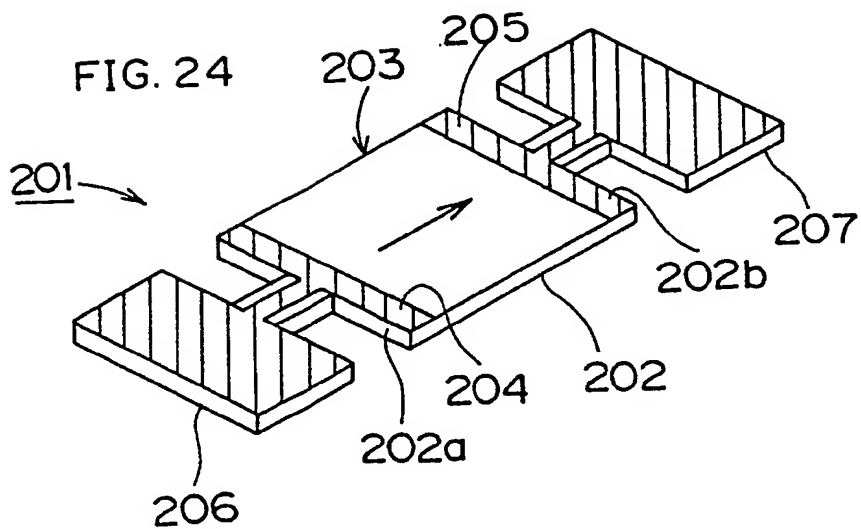


FIG. 25

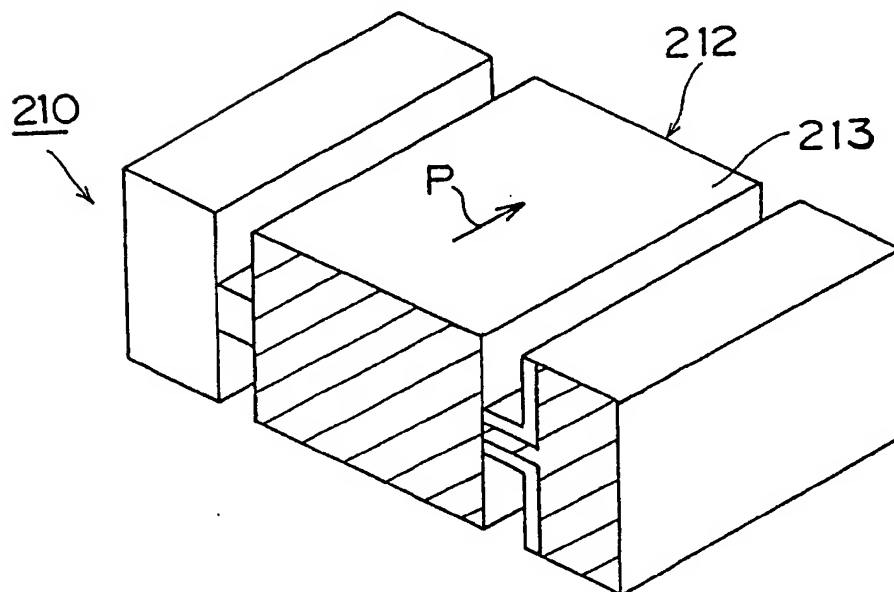


FIG. 26

